



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CAMPUS II – AREIA-PB  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**HAILE SILVINO GUIMARÃES**

**ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO COMO FERRAMENTA PARA  
PLANEJAMENTO AGRÍCOLA NO BREJO PARAIBANO**

**AREIA  
2019**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

G963e Guimaraes, Haile Silvino.

Estimativa do balanço hídrico como ferramenta para  
planejamento agrícola no brejo paraibano / Haile  
Silvino Guimaraes. - Areia-PB, 2019.  
37 f. : il.

Orientação: Prof. Dr. Guttemberg da Silva  
Silvino. Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Precipitação. 2. Deficiência hídrica. 3. Argissolo.  
I. Silvino, Guttemberg da Silva. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

**HAILE SILVINO GUIMARÃES**

**ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO COMO FERRAMENTA PARA  
PLANEJAMENTO AGRÍCOLA NO BREJO PARAIBANO**

Trabalho de graduação apresentado à  
Coordenação do Curso de Agronomia, do  
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade  
Federal da Paraíba, em cumprimento às  
exigências para obtenção do título de  
Engenheiro Agrônomo.

**Orientador:** Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino

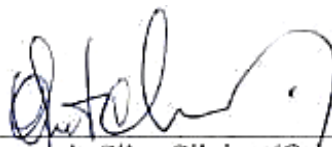
**AREIA  
2019**

HAILE SILVINO GUIMARÃES

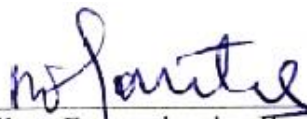
**ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO COMO FERRAMENTA PARA  
PLANEJAMENTO AGRÍCOLA NO BREJO PARAIBANO**

Aprovado em: 29/10/2019.

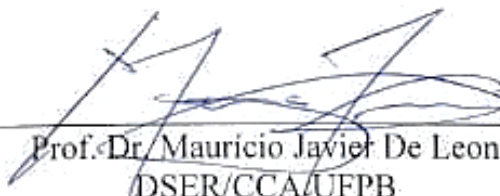
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Guttemberg da Silva Silvino (Orientador)  
DSER/CCA/UEPB



Prof. Dr. Roseilton Fernandes dos Santos  
DSER/CCA/UEPB



Prof. Dr. Mauricio Javier De Leon  
DSER/CCA/UEPB



Dra. Maria Cristina dos Santos Pereira  
DSER/CCA/UEPB

*Deus, o nosso Pastor*

*O Senhor é meu Pastor e nada me faltará.*

*Ele me faz descansar em pastos verdejantes e me leva a águas tranquilas.*

*O senhor renova as minhas forças e me guia pelos seus caminhos, como foi prometido.*

*Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temerei mal algum. Pois tu, ó Senhor*

*Deus, estás comigo; tu me proteges e me diriges.*

*(Salmos 23: 1-4)*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente ao senhor Jesus Cristo, que me conduziu e me abençoou em todos os momentos até aqui.

Ao meu pai Haile, à minha mãe Delsinha e meu irmão Humberto que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e orando por mim, por todo esforço, suor e dedicação.

Aos meus avós, vó Ana, vó Matildes e vô Serício, aos meus tios, Luiz, Damião, Fátima, e aos meus primos pelo apoio e participação na minha caminhada.

À Joyce, pelo seu carinho e amor, e também por estar sempre ao meu lado me incentivando a vencer e acreditando em mim.

Ao Prof. Bruno de Oliveira, coordenador do curso, por seu empenho, dedicação e atenção.

Aos Membros da banca Prof. Roseilton Santos, Prof. Maurício Javier e Dra. Maria Cristina, pela atenção e contribuição relevante neste trabalho.

Aos professores do Curso de Agronomia da UFPB, Leossavio, Daniel Duarte e Guilherme Podestá, que contribuíram ao longo desses semestres, por meio das disciplinas, e em especial, ao professor Guttemberg da Silva Silvino, que foi muito mais que um orientador, foi meu mentor durante os cinco anos de graduação, contribuindo para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos funcionários da UFPB, Assis, Ronaldo e Candinho, pela presteza e atendimento quando nos foi necessário.

Aos colegas de turma e amigos, Ewerton (amigooo), Alan (caixa d'água), Henrique (o congue), Maciel (o dotô), Igor (iguete), Glauco (amigão), Edson (Mano Walter), Petrus (o agrônomo), Lucas (zoba), João (meu loro), Bruno, Diogo, Dênis e Victor (negro), Wesley, Júlio (bolinha de ouro), Laldynelson, Túlio pelos momentos de amizade, brincadeiras, companheirismo e apoio. E as meninas Ester, Nathália, Heloisa, Júlia, Nardiele, Taty, Ana Carol e Denise.

Aos amigos e companheiros conquistados na universidade e nas peladas de futebol, Raylson (piguimeu), João Ítalo, João Paulo, Lucas (Chuck Norris – macha lenta), Fernando (meu irmaum), Alisson, Mateus (bebo cego), Diogo (super man), Cássio (mentirinha), Barroso (Barrosdowski), Bruno (melancia), Guinho (venta soada), Léo (boi), Dissinho (toca

a bola), Jorge (CR7), Igor (Igão), João, Marquinhos, sem eles as noites nos alojamentos não seriam tão engraçadas e o nível da pelada não seria tão bom (isso para alguns).

À equipe A4, Victor (baixinho), Neto (neguir), Josias (donzelo), Tenório (dez ano), Jamaica (selassie) e Arthur (corno), que foram pessoas que se tornaram verdadeiros amigos, ajudando nas horas em que sempre eu os recorria, graças à eles o alojamento se tornou um lugar habitável, mesmo com tanto mofo e grude. Da cama de Arthur.

Aos Agro brutos, Fidelis (frigelis), Misael (narizinho ou Caetano Veloso), Alfredo (cara de cachorro), Cartaxo (zé coquito), Renato (safadão), Hélton (ninão), e Josias (donza), que foram meus companheiros do time da turma, nas derrotas e nas glórias.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização Geográfica da área da fazenda Olho D'água.....	17
Figura 2. Gráfico de distribuição percentual das classes dos solos da fazenda Olho D'água..	18
Figura 3. Mapa de solos com a localização dos pontos onde foram realizadas as coletas de amostras de solo. Adaptado de Henriques, 2012. ....	19
Figura 4. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal do município de Areia – PB, acumulado no período de 1974 à 2018.....	22
Figura 5. Gráfico da avaliação hídrica da precipitação (mm), evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP), acumulado.....	23
Figura 6. Gráfico da deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo dos anos de 1974 à 2018.....	24
Figura 7. Gráfico de variabilidade anual da precipitação no município de Areia no período de 1974 à 2018.....	25
Figura 8. Pluviometria mensal do ano habitual (2003).....	26
Figura 9. Pluviometria mensal do ano mais chuvoso (1986).....	26
Figura 10. Pluviometria mensal do ano menos chuvoso (1993).....	26
Figura 11. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano habitual (2003).....	27
Figura 12. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano mais chuvoso (1986).....	28
Figura 13. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano mais chuvoso (1993).....	28
Figura 14. Gráfico do balanço hídrico normal representando deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano habitual (2003).....	29
Figura 15. Gráfico do balanço hídrico normal representando deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano mais chuvoso (1986).....	29
Figura 16. Gráfico do balanço hídrico normal representando deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano menos chuvoso (1993).....	30
Figura 17. Gráfico do balanço hídrico normal representando capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento mensal (ARM).....	31
Figura 18. Gráfico do balanço hídrico normal representando capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento mensal (ARM).....	31
Figura 19. Gráfico do balanço hídrico normal representando capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento mensal (ARM).....	32



## LISTA DE ABREVIATURAS

ARM	Armazenamento de Água no Solo .....	ix
AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas .....	ix
Al	Alumínio .....	ix
ALT	Alteração de Água no Solo .....	ix
BH	Balanço Hídrico .....	ix
BHC	Balanço Hídrico Climatológico .....	ix
Da	Densidade Aparente .....	ix
DEF	Deficiência Hídrica .....	ix
Dg	Massa Específica do Solo .....	ix
DP	Drenagem Profunda .....	ix
C	Célsius .....	ix
CAD	Capacidade de Água Disponível .....	ix
CC	Capacidade de Campo .....	ix
ET	Evapotranspiração .....	ix
ETR	Evapotranspiração Real .....	ix
ETP	Evapotranspiração Potencial .....	ix
EXC	Excedente Hídrico .....	ix
Et al	E outros .....	ix
Ha	Hectare .....	ix
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia .....	ix
Io	Capacidade de Infiltração Máxima .....	ix
Km	Quilômetros .....	ix
m	Metros .....	ix
mm	Milímetros .....	ix
N-S	Norte-Sul .....	ix
P	Precipitação .....	ix
PE	Podzólico Eutrófico .....	ix
PB	Paraíba .....	ix
PM	Ponto de Murchamento .....	ix
PMP	Ponto de Murcha Permanente .....	ix
Q	Vazão .....	ix
RE	Regossol Eutrófico .....	ix
Tb	Atividade baixa .....	ix
Zr	Profundidade Efetiva do Sistema Radicular .....	ix

## RESUMO

O uso racional dos recursos hídricos na agricultura está associado a informações prévias sobre a disponibilidade de água no solo e condições hídricas locais. Sendo assim, o trabalho tem como objetivo analisar as condições hídricas da Fazenda Olho D'Água, inserida no município de Areia-PB em três anos distintos, a partir de dados climáticos como temperatura do ar e precipitação das chuvas e características do solo, identificando-se os meses com excedente e deficiência hídrica em três anos distintos, os quais representem anos com padrão habitual, mais chuvoso e menos chuvosos. A capacidade de água disponível foi determinada após análises físicas nos solos mais representativos da área de estudo, sendo coletadas em campo e determinadas em Laboratório. O balanço hídrico foi determinado a partir do método de Thornthwaite e Mather, a partir dados do INMET, obtidos pela Estação Meteorológica localizada no CCA/UFPB, no período de 1974 à 2018. A precipitação média anual da área de estudo é de 1.400 mm. Considerando o valor da Capacidade de Água Disponível (CAD) para os solos Argissolos, o balanço hídrico foi calculado para 3 anos distintos, considerando o ano de 2003 como ano habitual, 1986 como o mais chuvoso e 1993 como o menos chuvoso. O que possibilita a implementação de um planejamento agrícola no município de Areia. Os resultados do balanço hídrico climatológico normal no período de 44 anos definem o município de Areia como um município que apresenta uma distribuição regular de chuvas e indica uma possibilidade elevada para sucesso na agricultura, além de apontar que o solo mais representativo, o Argissolo, é um solo que suporta ao déficit hídrico, podendo armazenar água durante todo o ano, sem haver necessidade de realizar irrigação para algumas culturas.

**Palavras-Chave:** precipitação, deficiência hídrica, argissolo

## **ABSTRACT**

Rational use of water resources in agriculture is associated with prior information on soil water availability and local water conditions. Thus, the work aims to analyze the water conditions of the Olho D'Água Farm, inserted in the municipality of Areia-PB in three different years, from climatic data such as air temperature and rainfall and soil characteristics, identifying months with water surplus and water deficiency in three distinct years, which represent years with usual, wetter and less rainy patterns. The available water capacity was determined after physical analysis in the most representative soils of the study area, being collected in the field. and determined in Laboratory. The water balance was determined from the Thornthwaite and Mather (1955) method, from INMET data, obtained from the Meteorological Station located at the CCA / UFPB, from 1974 to 2018. The average annual rainfall of the study area is 1,400 mm. Considering the Available Water Capacity (DAC) value for Argisols soils, the water balance was calculated for 3 different years, considering 2003 as the usual year, 1986 as the wettest and 1993 as the least wettable. What enables the implementation of an agricultural planning in the municipality of Areia. The results of the normal climatological water balance over the period of 44 years define the municipality of Areia as a municipality that has a regular distribution of rainfall and indicates a high possibility for success in agriculture, besides pointing out that the most representative soil, the Argisol, is a soil that supports the water deficit and can store water all year round without the need for irrigation for some crops.

Keyword: rainfall, water deficit, argissol

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS .....	x
RESUMO .....	x
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	14
2.1. Ciclo Hidrológico e Balanço Hídrico .....	14
2.2 Aspectos fisiográficos do Brejo Paraibano .....	15
2.3. Solos representativos: Argissolos .....	16
2.4 Balanço Hídrico e planejamento agrícola no Brejo Paraibano .....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1 Caracterização da Área de Estudo .....	18
3.2 Amostragem e análises físicas do solo .....	19
3.2.1 Capacidade de água disponível .....	20
3.3 Obtenção e análise dos dados climatológicos .....	21
3.4 Balanço hídrico climatológico .....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	23
4.1 Balanço Hídrico Climatológico .....	23
5. CONCLUSÕES .....	34
6  REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	35

## 1. INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro, caracterizado pelo clima semiárido em grande parte de sua extensão territorial, é considerado causador de grandes prejuízos, principalmente no setor agrícola, devido às irregularidades na distribuição temporal e espacial das precipitações (SILVA et al., 2011). O sucesso da produção agrícola, sobretudo em áreas que não são irrigadas, depende muito do regime pluviométrico local, sendo fundamental a adequação da época de plantio ao nível de umidade favorável ao desenvolvimento de variadas culturas (FERNANDES et al., 2009).

Em face dessa exigência crescente e com o avanço da ciência computacional, as técnicas da modelagem que relacionam as propriedades físico-hídricas do solo com os componentes de entrada e saída de água no sistema solo-planta incorporando as condições de umidade do solo e o manejo do uso da terra (ÁVILA et al., 2010), apresentaram, nas duas últimas décadas, excelentes resultados no processo de automação de tomadas de decisão no nível da gestão agrícola.

O balanço hídrico do solo permite que o fornecimento de dados precisos aos agricultores, indicando-lhes a melhor época de plantio, por meio da divulgação de dados da umidade do solo e do déficit hídrico em forma de boletins e mapas temáticos da região da área em estudo, possibilitando assim o desenvolvimento agrícola com a diminuição dos riscos e das suas vulnerabilidades agrícolas (SENTELHAS, 2010).

Desenvolvido por THORNTHWAITE e MATHER (1955), o balanço hídrico climatológico determina o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. O mesmo como unidade de gerenciamento, permite classificar o clima de uma região, realizar o zoneamento agroclimático e ambiental, o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao gerenciamento integrado dos recursos hídricos (LIMA e SANTOS, 2009).

Nesse sentido, o Zoneamento Agroclimático é uma das principais ferramentas de fundamental importância para o planejamento das atividades agrícolas e também para a tomada de decisões. Este tipo de zoneamento é capaz de propiciar uma redução das probabilidades de riscos e perdas na produção (PEREIRA; SENTELHAS; ANGELOCCI, 2002).

Os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica é a precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC),

de acordo com Pereira et al (2002). A evapotranspiração é o processo inverso da precipitação, onde se contabiliza a perda de água que foi evaporada do solo juntamente com a soma da transpiração das plantas (MENDONÇA et al., 2003).

Vislumbrando esse cenário, o trabalho teve como objetivo analisar as condições hídricas da Fazenda Olho D'Água, localizada no município de Areia - PB, por meio dos dados de Armazenamento de água no solo e dos dados climáticos como temperatura do ar e variáveis do balanço hídrico climatológico, identificando-se os meses com excedente e deficiência hídrica em três anos distintos, os quais representem anos com padrão habitual, mais chuvoso e menos chuvoso.

O trabalho teve como objetivo, analisar as condições hídricas da Fazenda Olho D'Água, inserida no município de Areia-PB em três anos distintos, a partir de dados climáticos como temperatura do ar e precipitação das chuvas e características do solo, identificando-se os meses com excedente e deficiência hídrica em três anos distintos. Além de realizar a coleta de solos mais representativos da área de estudo para serem obtidos os dados de capacidade de água disponível através de análises físicas e determinar as condições hídricas para área de estudo em anos distintos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Ciclo Hidrológico e Balanço Hídrico

O balanço hídrico nada mais é do que o computo das entradas e saídas de água de um sistema. Várias escalas espaciais podem ser consideradas para se contabilizar o balanço hídrico. Na escala macro, 'balanço hídrico' é o próprio 'ciclo hidrológico', cuja resultado nos fornecerá a água disponível no sistema (no solo, rios, lagos, vegetação úmida e oceanos), ou seja, na biosfera.

Em uma escala intermediária, representada por uma micro-bacia hidrográfica, o balanço hídrico resulta na vazão de água desse sistema. Para períodos em que a chuva é menor do que a demanda atmosférica por vapor d'água, a vazão (Q), ao passo em que nos períodos em que a chuva supera a demanda, Q aumenta.

Na escala local, no caso de uma cultura, o balanço hídrico tem por objetivo estabelecer a variação de armazenamento e, conseqüentemente, a disponibilidade de água no solo. Conhecendo-se qual a umidade do solo ou quanto de água este armazena é possível determinar se a cultura está sofrendo deficiência hídrica, a qual está intimamente ligada aos níveis de rendimento dessa lavoura.

A chuva representa a principal entrada de água em um sistema, ao passo que a contribuição do orvalho só assume papel importante em regiões muito áridas, sendo assim desprezível. As entradas de água pela ascensão capilar também são muito pequenas e somente ocorrem em locais com lençol freático superficial e em períodos muito secos.

Mesmo assim, a contribuição dessa variável é pequena, sendo também desprezível. Já os fluxos horizontais de água (entradas e saídas de escoamento superficial e escoamento sub-superficial), para áreas homogêneas, sem compensam, portanto, anulando-se. A evapotranspiração (ET) é a principal saída de água do sistema, especialmente nos períodos secos, ao passo que a drenagem profunda (DP) constitui-se em outra via de saída de água do volume controle de solo nos períodos excessivamente chuvosos.

Por meio dessa equação:  $\Delta \text{ARM} = P - ET - DP$ , pode-se determinar a variação da disponibilidade de água no solo. Caso se conheça a capacidade de água disponível (CAD) desse solo, pode-se determinar também a quantidade de água armazenada por ele.

Uma das formas de se contabilizar o balanço de água no solo é por meio do método proposto por Thornthwaite e Mather (1995), denominado de Balanço Hídrico Climatológico, no

qual a partir dos dados de Precipitação (P), de evapotranspiração potencial (ETP) e CAD, chega-se aos valores de disponibilidade de água no solo, de alteração do armazenamento de água no solo ( $ALT = \Delta ARM$ ), de evapotranspiração real (ETR), de deficiência hídrica (DEF) e de excedente hídrico (EXC).

O Balanço Hídrico Climatológico foi desenvolvido inicialmente com o objetivo de se caracterizar o clima de uma região, de modo a ser empregado na classificação climática desenvolvida por Thornthwaite na década de 40. Posteriormente, esse método começou a ser empregado para fins agronômicos dada a grande interrelação da agricultura com as condições climáticas.

Balanço Hídrico Climatológico (BHC) elaborado com dados médios de precipitação e evapotranspiração de uma região é denominado de BHC Normal. Esse tipo de BH é um indicador climatológico da disponibilidade hídrica na região, por meio da variação sazonal das condições do BH ao longo de um ano médio (cíclico), ou seja, dos períodos com deficiências e excedentes hídricos. Essas informações são de cunho climático e, portanto, auxiliam no planejamento agrícola.

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) elaborado com dados de P e ETP de um período ou de uma sequência de períodos (meses, semanas, dias) de um ano específico para uma certa região é denominado de BHC Sequencial. Esse tipo de BH nos fornece a caracterização e variação sazonal das condições do BH (deficiências e excedentes) ao longo do período em questão. Essas informações são de grande importância para as tomadas de decisão.

## **2.2. Aspectos fisiográficos do Brejo Paraibano**

A microrregião do Brejo Paraibano (Alagoa Nova, Areia, Borborema, Matinhas, Pilões e Serraria), destaca-se principalmente pelas condições climáticas presentes, como temperaturas mais amenas e umidade mais elevada. Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo As – quente e úmido, com verão seco e estação chuvosa iniciando em janeiro/fevereiro com término em setembro, onde a precipitação pluvial anual varia de 1.400 a 1.600 mm. A temperatura média anual varia entre 23 e 24°C, com variações mensais mínimas (BRASIL, 1972).

Devido às chuvas frequentes e ao fornecimento de umidade pela condensação dos nevoeiros, em algumas áreas na Zona do Brejo, desenvolvem-se formações vegetais que podem ser consideradas como disjunções da floresta subperenifólia. Estas áreas possuem o



mesmo bioclima, as formações florestais, fisionomia e composição semelhantes às florestas da Zona do Litoral e da Mata (PORTO et al., 2004).

Para haver a otimização na produção é necessário realizar um planejamento agrícola, sendo importante o levantamento das características e propriedades dos recursos solo, água e vegetação, bem como sua espacialização na paisagem geral.

O município de Areia, encontra-se entre as coordenadas geográficas 6°51'47" e 7°02'04" latitude Sul e 35°34'13" e 35°48'28" longitude Oeste. A relação clima-relevo-solo pode ser denotada pelo perfil aparente da comunidade vegetal, que se caracteriza pela presença efetiva de formações de grande porte, como as florestas. A presença dessa tipologia contrasta com outras situações espacialmente próximas, destacando uma paisagem diferenciada da realidade de municípios vizinhos (HENRIQUES, 2012).

### **2.3 Solos representativos: Argissolo**

Os Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do horizonte A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos: horizonte plântico, se presente, não satisfaz os critérios para Plintossolo; horizonte glei, se presente, não satisfaz os critérios para Gleissolo (Embrapa, 2006).

No Estado da Paraíba, os estudos sobre solos ainda são limitados. Segundo Brasil (1978), foi realizado um levantamento exploratório para reconhecimento dos solos existentes no ano de 1972. Desta data em diante foram feitos apenas alguns estudos voltados para alguns espaços particulares, atualmente os Argissolos ocupam 13,3% da área total do Estado (BRASIL, 1972; OLIVEIRA, 2007). Na microrregião do Brejo Paraibano os Argissolos ocorrem com maior frequência, sendo os solos dominantes na Propriedade Jardim.

### **2.4 Balanço hídrico e planejamento agrícola no Brejo Paraibano**

O balanço hídrico é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se defini os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local (REICHARDT, 1990), assim, identificando as área onde as culturas podem ser exploradas com maior eficácia (BARRETO et al., 2009).

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica é a precipitação (P),

evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

A evapotranspiração real e potencial e a deficiência hídrica são os parâmetros indispensáveis para se determinar a produtividade da água em uma determinada região. A evapotranspiração consiste no processo inverso da precipitação, pois é a contabilização da perda de água que foi evaporada do solo somada a transpiração das plantas (MENDONÇA et al., 2003).

O conhecimento das variáveis que compõe o balanço hídrico favorece ao planejamento agropecuário e as práticas de controle de produção, ou seja, disponibilizar informações que permitem aos produtores identificar as fragilidades climáticas, sendo uma ferramenta essencial para o sucesso de um empreendimento agrícola, que inclui a decisão de optar ou não por sistemas de irrigação para suprir a deficiência hídrica no solo.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

O trabalho foi conduzido no Município de Areia, mais precisamente em uma área experimental da Fazenda Olho D'Água pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, com área total de 93,8520 ha, inserida na microrregião do brejo paraibano (Figura 1). O clima predominante, segundo Köppen, é do tipo As – quente e úmido com verão seco e estação chuvosa iniciando em janeiro/fevereiro com término em setembro, onde a precipitação pluviométrica média anual é de 1.400 mm. A temperatura média anual varia entre 23 e 24°C, com variações mensais mínimas (BRASIL, 1972).

A área experimental foi selecionada para o estudo, em virtude do detalhamento da classificação do solo na Escala 1:7.000, e todas as análises físico-hídricas foram realizadas nas classes de solo mais representativas.

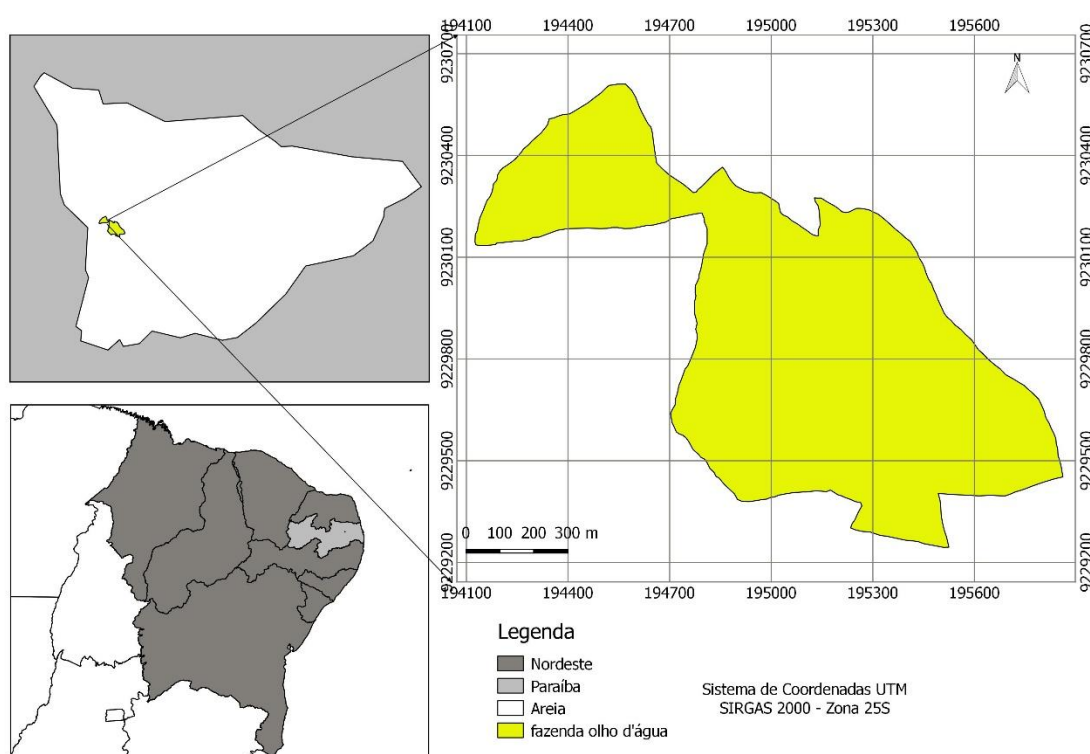


Figura 1. Localização Geográfica da área da fazenda Olho D'água..

Vale salientar que os Argissolos representam (62,9%) da fazenda Olho D'água, sendo o solo mais representativo da área experimental e do município de Areia.

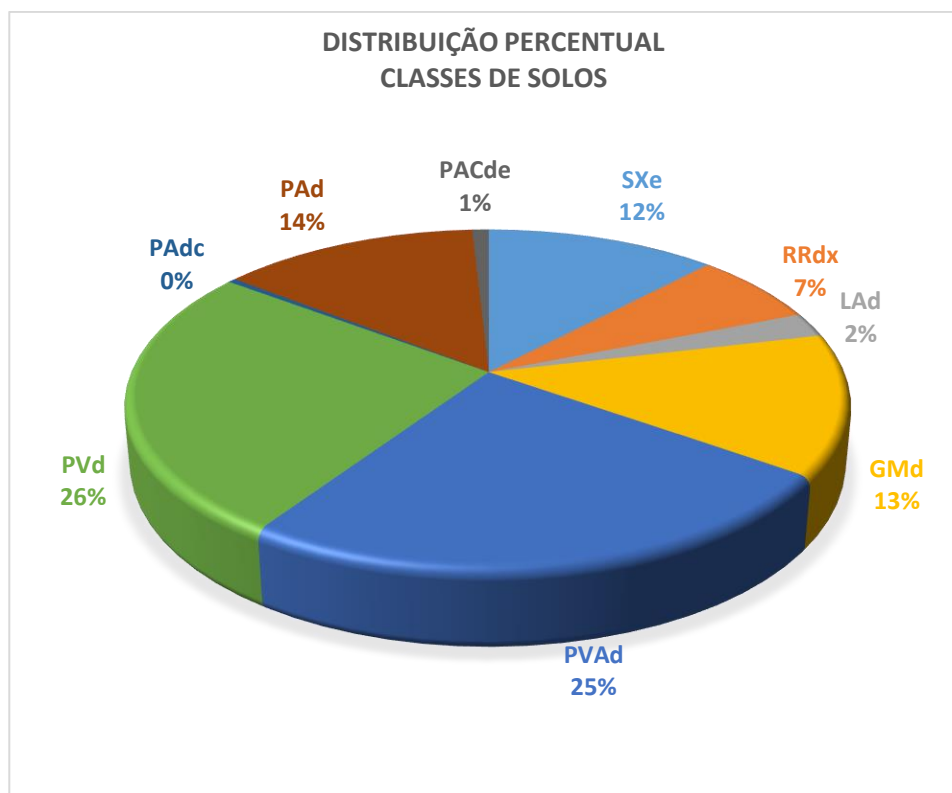


Figura 2. Gráfico de distribuição percentual das classes dos solos da fazenda Olho D'água.

### 3.2 Amostragem e análises físicas do solo

As amostras de solo foram coletadas na camada de 0 – 20 cm de profundidade. Em seguida, as mesmas foram processadas para realização da determinação dos seguintes parâmetros: Capacidade de Campo (Cc), Ponto de Murchamento (Pm) e Densidade Aparente (Da).

O mapa mostra a distribuição espacial das classes de solos na fazenda Olho d'Água. A legenda indica as seguintes classes: Gmld (azul), Lad (amarelo), PACd (laranja claro), PAD (laranja médio), PAdc (laranja escuro), PVAd (vermelho claro), PVd (vermelho escuro), RRd (cinza), SXe (verde) e PB-079 (linha preta). Os pontos de amostragem são indicados por pequenos círculos pretos espalhados pelo território. O mapa inclui uma escala gráfica de 0 a 280 metros e coordenadas UTM no canto superior esquerdo.

Classes de Solos	Área (ha)	Área (%)
Argissolo	58,96	62,9
Latossolo	2,10	2,2
Gleissolo	12,15	16,6
Neossolo	6,23	6,0
Planossolo	10,92	11,64

O mapa mostra a distribuição espacial das classes de solos na fazenda Olho d'Água. A legenda indica as seguintes classes: Gmld (azul), Lad (amarelo), PACd (laranja claro), PAD (laranja médio), PAdc (laranja escuro), PVAd (vermelho claro), PVd (vermelho escuro), RRd (cinza), SXe (verde) e PB-079 (linha preta). Os pontos de amostragem são indicados por pequenos círculos pretos espalhados pelo território. O mapa possui uma grade de coordenadas UTM no topo e à esquerda, uma escala gráfica em metros (0 a 280 m) na parte inferior esquerda e um norte verdadeiro na parte superior direita.

O mapa mostra a distribuição espacial das classes de solos na fazenda Olho d'Água. A legenda indica as seguintes classes: Gmld (azul), Lad (amarelo), PACd (laranja claro), PAD (laranja médio), PAdc (laranja escuro), PVAd (vermelho claro), PVd (vermelho escuro), RRd (cinza), SXe (verde) e PB-079 (linha preta). Os pontos de amostragem são indicados por pequenos círculos pretos espalhados pelo território. O mapa possui uma grade de coordenadas UTM no topo e à esquerda, uma escala gráfica em metros (0 a 280 m) na parte inferior esquerda e um norte verdadeiro na parte superior direita.

MAPA DE SOLOS DA PROPRIEDADE "OLHO D'ÁGUA"  
Localização dos Ensaios de Infiltração

Legenda

Classes de Solos

- GMD
- LAd
- PACd
- PAd
- PAdc
- PVAd
- PVd
- RRd
- SNe
- PB-079

0 70 140 210 280 m

URB - UTM  
SRGAS 2000 Fuso 25 S

Figura 3. Mapa de solos com a localização dos pontos onde foram realizadas as coletas de amostras de solo. Adaptado de Henriques, 2012.

Classes de Solos	Área (ha)	Área (%)
<b>Argissolo</b>	58,96	62,9
<b>Latossolo</b>	2,10	2,2
<b>Gleissolo</b>	12,15	16,6
<b>Neossolo</b>	6,23	6,0
<b>Planossolo</b>	10,92	11,64

Tabela 1. Classes de solos da fazenda olho d'água, extensão e distribuição percentual.

A metodologia utilizada para determinar a CC e PMP foi proposta pela EMBRAPA (1997), onde foram utilizadas as tensões de 0,1 e 15 bar, obtendo o resultado de CC e PMP respectivamente.

A densidade aparente foi determinada através do método do torrão parafinado proposto pela EMBRAPA (1997).

MAPA DE SOLOS DA PROPRIEDADE "OLHO D'ÁGUA"  
Localização dos Ensaios de Infiltração

Legenda

Classes de Solos

- GMD
- LAd
- PACd
- PAd
- PAdc
- PVAd
- PVd
- RRd
- SNe
- PB-079

0 70 140 210 280 m

URB - UTM  
SRGAS 2000 Fuso 25 S

Figura 3. Mapa de solos com a localização dos pontos onde foram realizadas as coletas de amostras de solo. Adaptado de Henriques, 2012.

Classes de Solos	Área (ha)	Área (%)
<b>Argissolo</b>	58,96	62,9
<b>Latossolo</b>	2,10	2,2
<b>Gleissolo</b>	12,15	16,6
<b>Neossolo</b>	6,23	6,0
<b>Planossolo</b>	10,92	11,64

Tabela 1. Classes de solos da fazenda olho d'água, extensão e distribuição percentual.

A metodologia utilizada para determinar a CC e PMP foi proposta pela EMBRAPA (1997), onde foram utilizadas as tensões de 0,1 e 15 bar, obtendo o resultado de CC e PMP respectivamente.

A densidade aparente foi determinada através do método do torrão parafinado proposto pela EMBRAPA (1997).

Figura 3. Mapa de solos com as coletas de amostras de solo.

MAPA DE SOLOS DA PROPRIEDADE "OLHO D'ÁGUA"  
Localização dos Ensaios de Infiltração

Legenda

Classes de Solos

- GMd
- La
- PACd
- PA
- PAdc
- PVAd
- PVd
- RRd
- SVe
- PB-079

0 70 140 210 280 m

9229400 9229600 9229800 9230000 9230200 9230400 9230600

194200 194400 194600 194800 195000 195200 195400 195600 195800

SPC - UTM  
SRGAS 2000 - Fuso 25 S

Figura 3. Mapa de solos com a localização dos pontos onde foram realizadas as coletas de amostras de solo. Adaptado de Henriques, 2012.

Classes de Solos	Área (ha)	Área (%)
<b>Argissolo</b>	58,96	62,9
<b>Latossolo</b>	2,10	2,2
<b>Gleissolo</b>	12,15	16,6
<b>Neossolo</b>	6,23	6,0
<b>Planossolo</b>	10,92	11,64

Tabela 1. Classes de solos da fazenda olho d’água, extensão e distribuição percentual.

A metodologia utilizada para determinar a CC e PMP foi proposta pela EMBRAPA (1997), onde foram utilizadas as tensões de 0,1 e 15 bar, obtendo o resultado de CC e PMP respectivamente.

A densidade aparente foi determinada através do método do torrão parafinado proposto pela EMBRAPA (1997).

### 3.2.1 Capacidade de água Disponível

Para se elaborar o BHC, seja ele o Normal ou o Sequencial, há a necessidade de se conhecer a capacidade de água disponível no solo (CAD). A CAD representa o máximo de

água disponível que determinado tipo de solo pode reter em função de suas características físico-hídricas, ou seja, umidade da capacidade de campo ( $\theta_{cc}$ ), umidade do ponto de murcha permanente ( $\theta_{pmp}$ ), massa específica do solo ( $d_g$ ) e da profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z_r$ ), onde se concentram cerca de 80% das raízes.

Para o cálculo da capacidade de armazenamento de água no solo (CAD) foram utilizados dados de umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP), em porcentagem; densidade aparente ( $d_a$ ), em g cm<sup>-3</sup> e profundidade da camada equivalente (profundidade efetiva do sistema radicular -  $z$ ), em centímetros.

$$CAD = \left( \frac{CC - PMP}{10} \right) * d_a * z$$

### 3.3 Obtenção e análise dos dados climatológicos

Os dados climatológicos de temperatura média do ar e do total de chuva (P) foram obtidos no site do INMET. O período de análise dos dados foi de 1974 a 2018.

Os critérios usados para a classificação dos anos considerados mais chuvosos e menos chuvosos foram a partir dos totais mensais de chuva, calculando a média anual pluviométrica dos dados obtidos. A partir desta identificação foram elaboradas análises gráficas para cada ano, sendo escolhido três anos, 1986 (mais chuvoso), 2003 (habitual) e 1993 (menos chuvoso). Em seguida foram realizadas análises do balanço hídrico normal para cada ano (WOLLMANN, 2011).

### 3.4 Balanço hídrico climatológico

A partir da obtenção e organização dos dados foi realizada a elaboração do cálculo do balanço hídrico climatológico por meio do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e do programa em planilha “bh\_sentelhas.xls” do EXCEL desenvolvido por Rolim et al (1998). Alguns procedimentos foram adotados para a elaboração do BHC normal tais como:

- Localização – latitude: -06°57’;
- Preenchimento das médias mensais de temperatura do ar (°C) e da precipitação (mm);
- Capacidade de água disponível (CAD) foi utilizado o valor de 44,1 mm para os Argissolos, considerando uma variação do armazenamento (ARM) de água do solo, além do percentual de perda de água acumulada, ou seja, o negativo acumulado.

- Para a obtenção da estimativa da evapotranspiração potencial (ETP) adotou-se a proposta de Thornthwaite (1948), utilizando-se apenas de dados da temperatura média do ar e da latitude da área de estudo (ROLIM; SENTELHAS, 1999).
- Os gráficos foram obtidos por meio do balanço hídrico normal representam o extrato das deficiências hídricas (DEF) e dos excedentes hídricos (EXC), a variação do ARM, e do CAD, os valores de ETP, evapotranspiração real (ETR) e da precipitação (P), na qual seguem as recomendações de Camargo e Camargo (1993) (ROLIM; SENTELHAS, 1999).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 – Balanço Hídrico Climatológico

Os primeiros resultados foram os do balanço hídrico climatológico da Fazenda Olho D'Água, localizada no município de Areia – PB, a partir das normais climatológicas de temperatura do ar e precipitação acumulada em um período de 44 anos (1974 – 2018). Foi registrada uma média de 1391,6 mm de chuva, 23.2° C de temperatura média do ar, com um total de 1154,10 mm de evapotranspiração (ETP), 456,2 mm de excedente hídrico (EXC) e 218,7 de déficit hídrico (DEF). Os meses de março, maio, junho e julho foram os que apresentaram maior concentração de chuvas, sendo o mês julho o mais chuvoso com 209,5 mm.

Os meses de junho (116,5mm), julho (137,3 mm), apresentaram maior excedente hídrico. Observa-se que a partir do mês de fevereiro ocorreu um aumento de excedentes hídricos, tendo o mês de julho como pico e uma queda a partir do mesmo. O município apresenta déficit hídrico que vai do mês de setembro a janeiro, nos meses de setembro (2 mm), outubro (43,2 mm), novembro (68,9 mm), dezembro (67,2 mm) e janeiro (37,4 mm), como mostra a Figura 4.

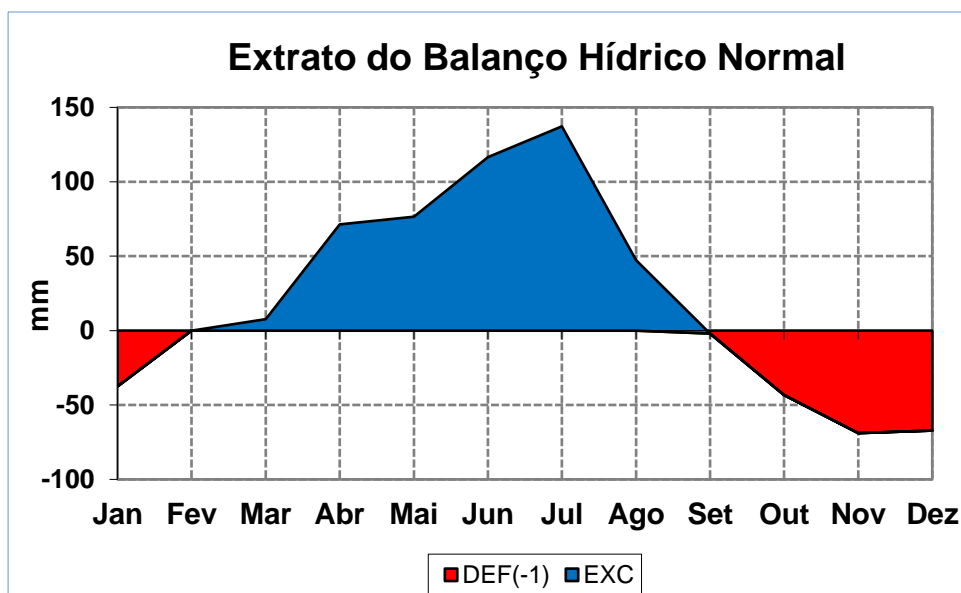


Figura 4. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal do município de Areia – PB, acumulado no período de 1974 à 2018.



Os valores da precipitação, evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR), estão representados na Figura 5. Observa-se que de fevereiro à agosto os valores de ETP e ETR são os mesmos, em razão de ocorrer excedente hídrico nesses meses, porém existe diferença nos valores dos meses de setembro à janeiro pois ocorre déficit hídrico nos mesmos. Pode-se observar que a variável média da ETR foi de 77,9 mm, onde os maiores valores foram encontrados nos meses de fevereiro (103,3 mm) e março (112,4 mm) e os menores valores em novembro (36,8 mm) e dezembro (48,2 mm). A variável média da ETP foi de 96,18 mm, com os maiores valores em dezembro (115,46 mm) e janeiro (115,47 mm), e os menores valores encontrados nos meses de julho (72,20 mm) e agosto (74,02 mm).

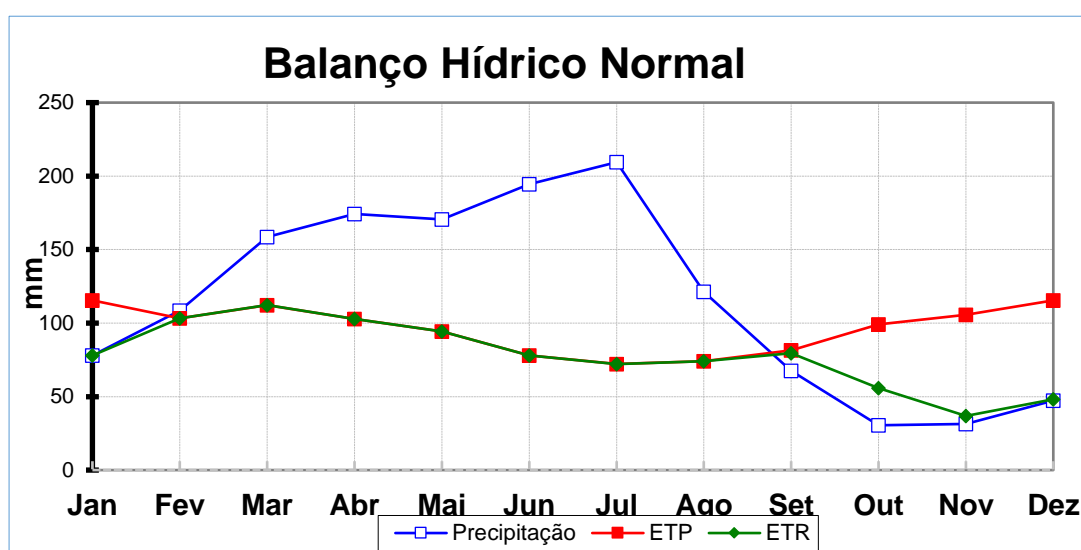


Figura 5. Gráfico da avaliação hídrica da precipitação (mm), evapotranspiração real (ETR) e evapotranspiração potencial (ETP), acumulado.

A Figura 6 representa o momento da retirada de água do solo, o período de déficit hídrico e o excedente hídrico. Observa-se que os meses de setembro, outubro, novembro, dezembro e janeiro foram os mais críticos apresentando alto déficit hídrico.

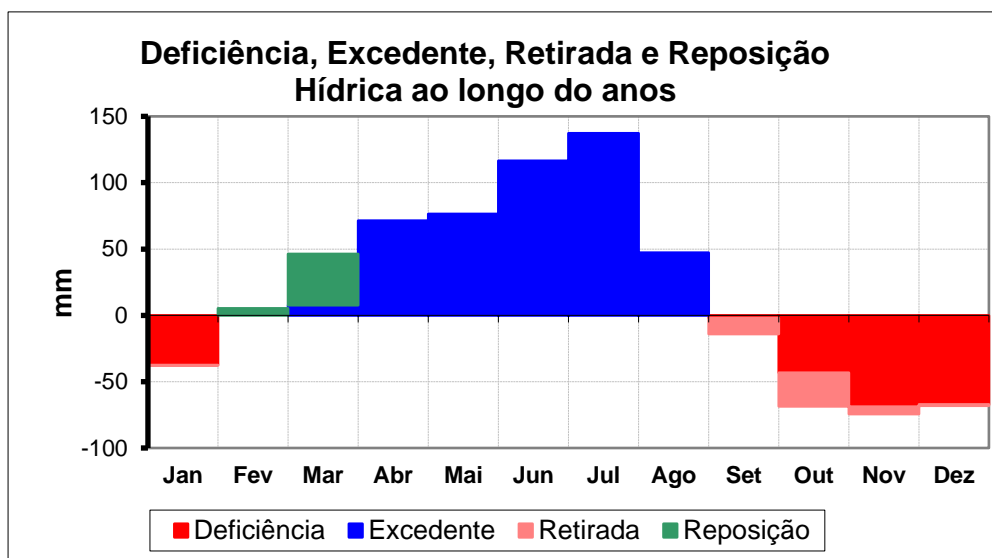


Figura 6. Gráfico da deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo dos anos de 1974 à 2018.

É possível identificar e caracterizar a partir dos dados obtidos pelo balanço hídrico climatológico normal que o município de Areia – PB é um município que apresenta um considerável excedente hídrico, onde em quase todo período do ano podem ser desenvolvidas culturas sem irrigação, com exceção do período de setembro a janeiro, quando a capacidade de armazenamento da água do solo está baixa, chegando até -70 mm no mês de novembro.

Desse modo ao longo dos 44 anos de informações coletadas foi possível caracterizar e determinar os anos padrões habituais, anos mais chuvosos e menos chuvosos por meio dos totais pluviométricos mensais. Observa-se na Figura 7 como ficaram os dados de precipitação ao longo dos anos (1974 à 2018) e a delimitação dos anos padrões conforme a média anual, outro para menos da média e outro acima da média, determinando assim os anos padrões, os anos menos chuvosos e os anos mais chuvosos.

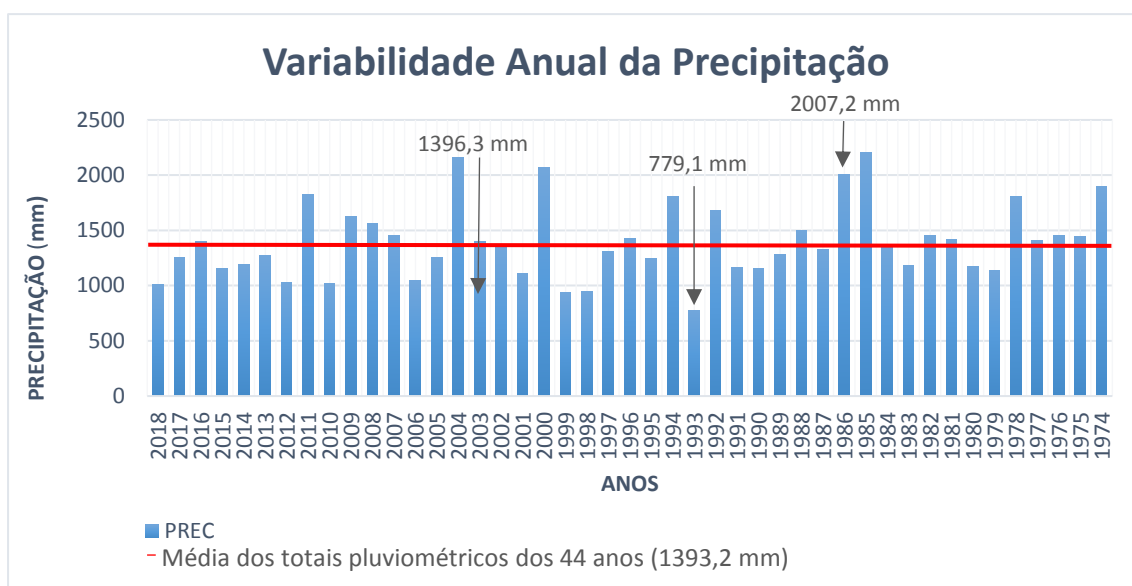


Figura 7. Gráfico de variabilidade anual da precipitação no município de Areia no período de 1974 à 2018.

O município de Areia apresenta uma média pluviométrica de 1393,2 mm. O ano representativo de 2003 apresenta um total pluviométrico de 1401,9 mm, sendo considerado como o ano habitual da série de dados por apresentar uma distribuição pluviométrica regular durante o ano e estar próximo da média. O selecionado como o mais chuvoso foi o ano de 1986, apresentando um total pluviométrico de 2007,2 mm, sendo escolhido por apresentar uma melhor distribuição das chuvas e um dos anos em que mais choveu na série de 44 anos, ficando muito acima da média normal do município. O ano selecionado como o menos chuvoso foi o ano de 1993, apresentando um total pluviométrico de 779,1 mm, ficando muito abaixo da média normal do município.

A variabilidade mensal da precipitação nos três anos selecionados e a média mensal da série histórica são apresentados na Figura 8, representando o ano de 2003 (habitual), onde a distribuição das chuvas é quase homogênea ao longo do ano, Figura 9, representando o ano mais chuvoso (1986) e Figura 10, representando o ano menos chuvoso (1993).

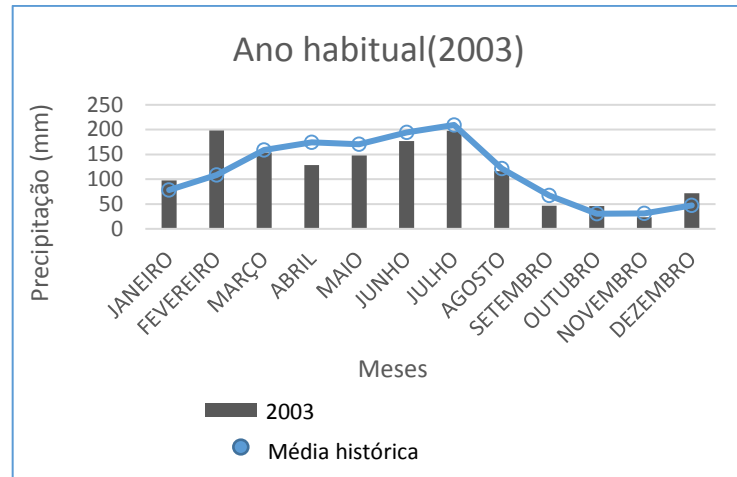


Figura 8. Pluviometria mensal do ano habitual (2003).

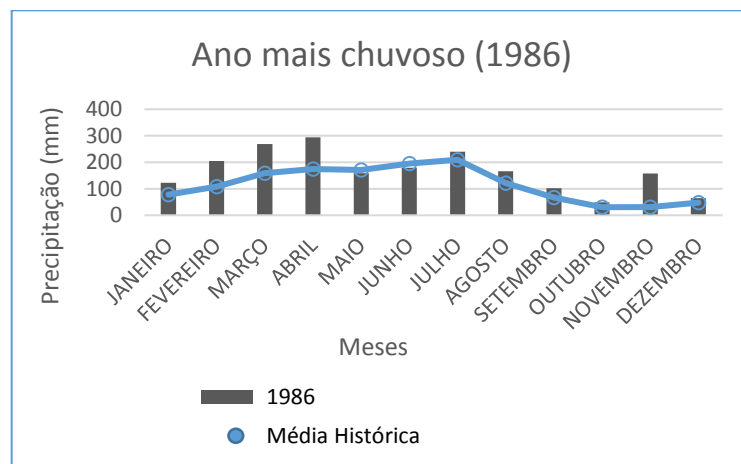


Figura 9. Pluviometria mensal do ano mais chuvoso (1986).

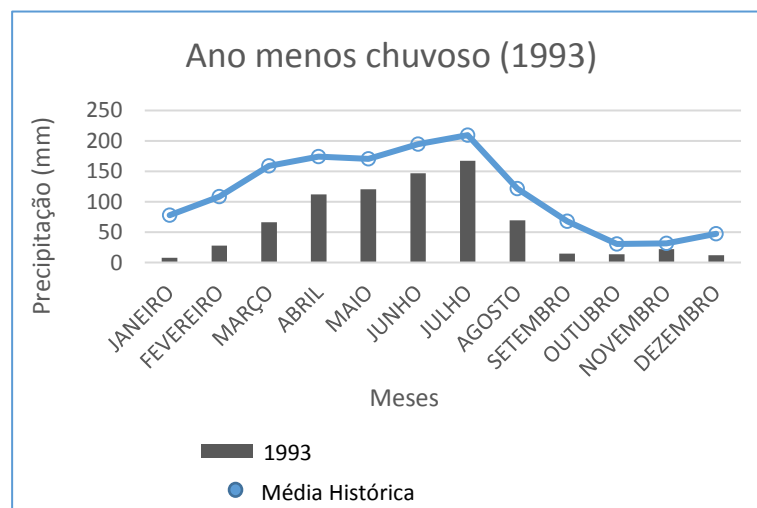
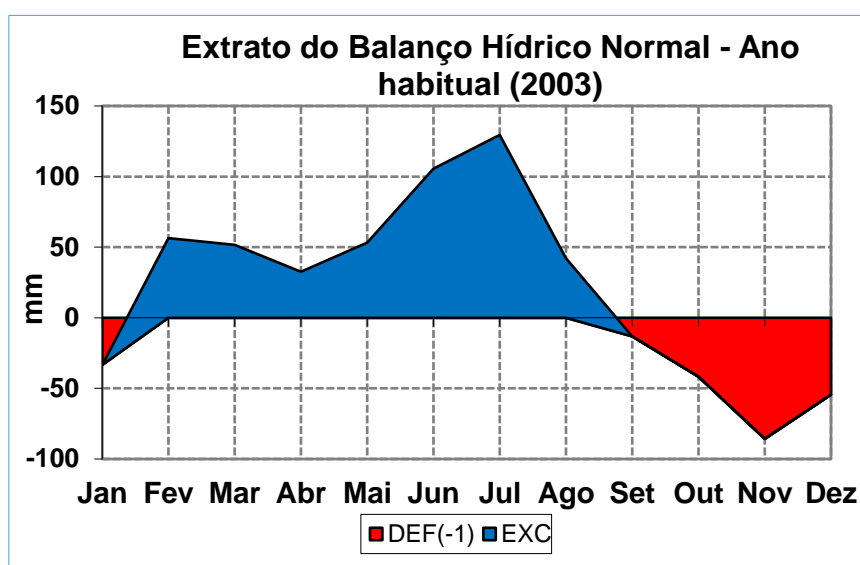


Figura 10. Pluviometria mensal do ano menos chuvoso (1993).

Os resultados do balanço hídrico climatológico normal de 1974 à 2018, na área de estudo, demonstraram que na maior parte do ano (fevereiro à julho) não possui deficiência hídrica e na outra parte do ano (agosto à janeiro) possui deficiência hídrica, porém esse resultado seria diferente quando se analisa os três anos selecionados (ano habitual, ano mais chuvoso e ano menos chuvoso), sendo assim, a Figura 11 mostra o balanço hídrico para esses anos.

O ano de 2003 apresenta melhor distribuição das chuvas e ficar próximo da média normal pluviométrica histórica, seu balanço hídrico climatológico normal apresentou uma deficiência hídrica significativa no mês de janeiro (-33,3 mm), setembro (-13,3 mm), outubro (-41,7 mm),

85,7  
(54,5



novembro (-  
mm) e  
dezembro  
mm).1

Figura 11. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano habitual (2003).

O ano de 1986 foi selecionado por apresentar uma melhor distribuição das chuvas e representar um dos anos mais chuvosos do período de 1974 à 2018. O BHC desse ano apresentou uma pequena deficiência hídrica nos meses de outubro (-12,4 mm) e dezembro (-13,1 mm), Figura 12.

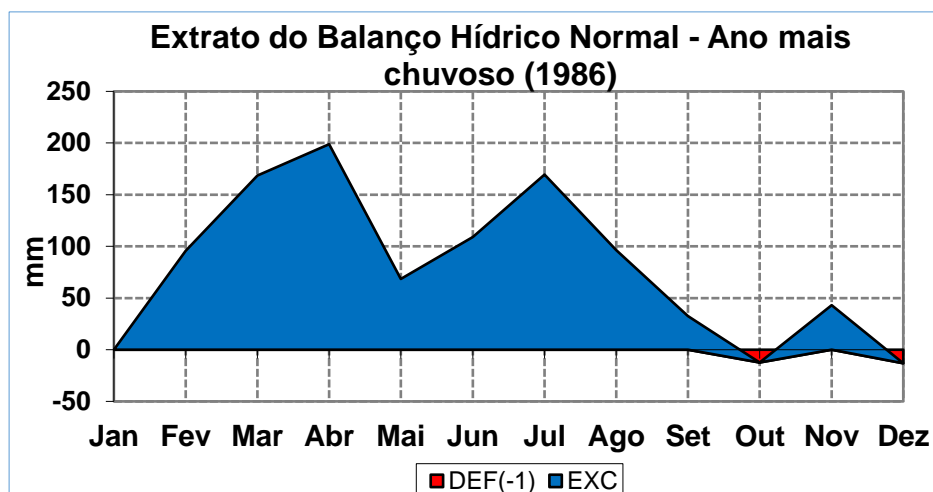


Figura 12. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano mais chuvoso (1986).

O ano de 1993 foi selecionado por ter sido o ano que menos choveu entre os anos de 1974 e 2018, apresentando vários meses de déficit hídrico, como, janeiro (-103,5 mm), fevereiro (-80,5 mm), março (-52,5 mm), agosto (-0,3 mm), setembro (-40,2 mm), outubro (-84,7 mm), novembro (-85,4 mm), dezembro (-108,6 mm), sendo que os meses de abril e maio apresentaram valores de DEF e EXC igual a zero. Apenas os meses de junho (63,2 mm) e julho (97,8 mm) apresentaram EXC hídrico, conforme mostra a Figura 13.

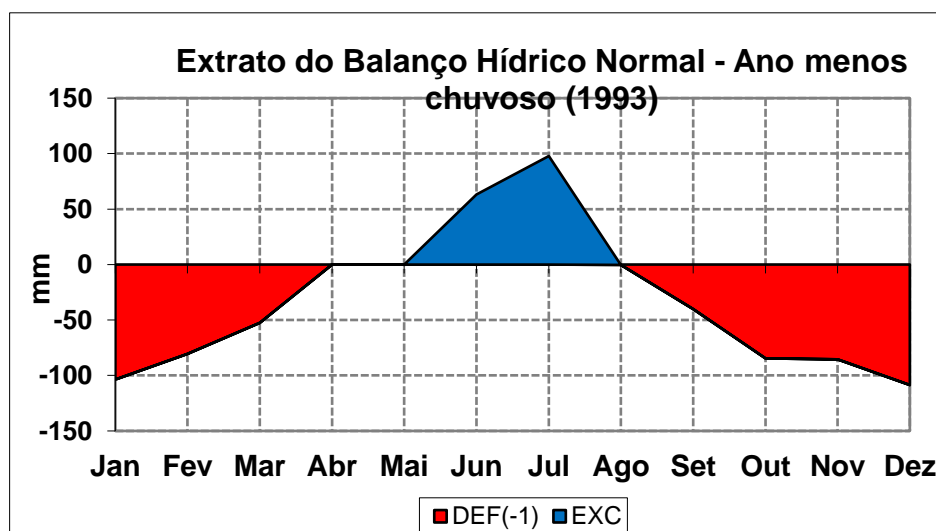


Figura 13. Gráfico do extrato do balanço hídrico climatológico normal para o ano menos chuvoso (1993).

A medida que é registrado déficit hídrico, ocorre a retirada de água acumulada no solo, sendo necessário realizar uma reposição hídrica, podendo ser realizada através de irrigação, por

exemplo. Pode-se analisar nas figuras 14, 15 e 16, o comportamento de cada ano estudado em relação à deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo dos meses.

Observa-se na Figura 14 que a retirada de água do solo começa a ocorrer no mês de setembro à janeiro, tendo o mês de setembro possuindo o maior valor de retirada (-25,99 mm) e mesmo que tenha chovido consideravelmente nos meses de dezembro (71,5 mm) e janeiro (97,5 mm), não foi o bastante para repor a água do solo nesses meses, porque esses meses apresentaram deficiência hídrica. A reposição hídrica ocorreu no mês de fevereiro (+ 43,96 mm), onde a partir desse mês deu-se início ao período de excedentes.

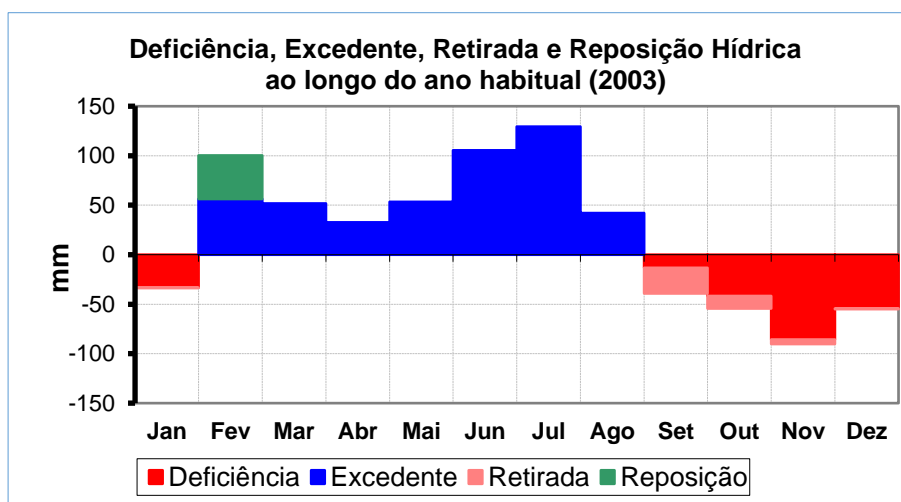


Figura 14. Gráfico do balanço hídrico normal representando deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano habitual (2003).

No ano de 1986 a retirada de água do solo ocorreu nos meses de outubro (-25,36 mm) e dezembro (-25,87 mm), separadamente, onde nesses meses ocorreu deficiência hídrica como mostra na Figura 15. A reposição hídrica ocorreu no mês de novembro (+ 25,36 mm), janeiro (+ 10,58 mm) e fevereiro (+ 15,27 mm), quando ocorreu excedente hídrico nesses meses.

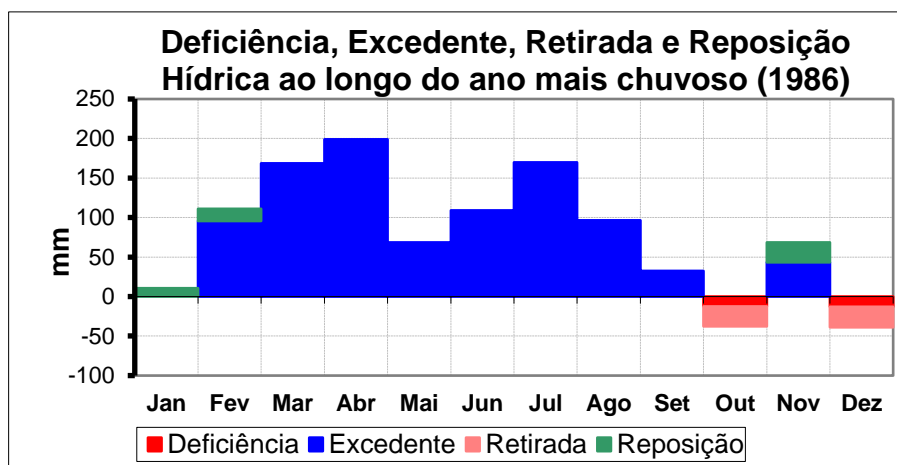


Figura 15. Gráfico do balanço hídrico normal representando deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano mais chuvoso (1986).

Na figura 16, pode-se observar que a retirada de água do solo tem início no mês de agosto à janeiro, tendo o mês de setembro como o mês em que ocorreu a maior retirada de água do solo (-31,66 mm), ou seja, na maior parte do ano ocorre retirada de água do solo, por consequência de que a maior parte do ano ocorre deficiência hídrica, tendo apenas os meses de abril, maio e junho como meses que realizam reposição hídrica.

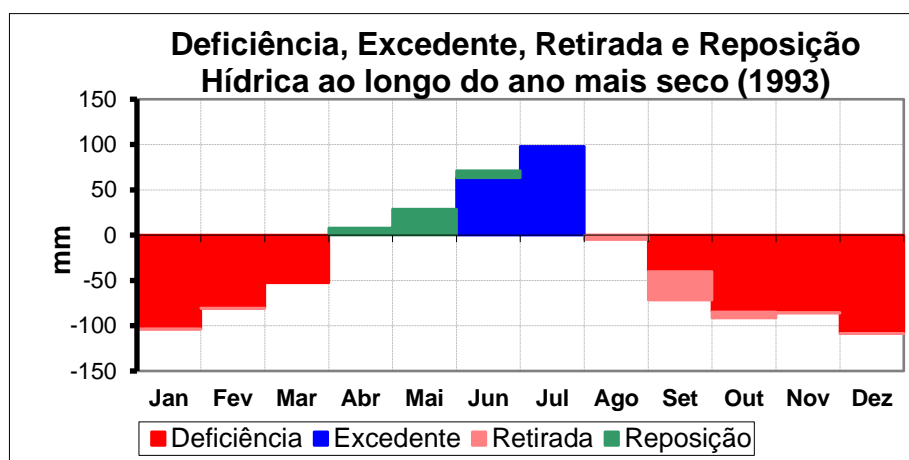


Figura 16. Gráfico do balanço hídrico normal representando deficiência (DEF), excedente (EXC), retirada e reposição hídrica no ano menos chuvoso (1993).

A capacidade de armazenamento (CAD) representa a quantidade de água que o solo pode reter e varia de acordo com o solo, solos arenosos possuem uma CAD menor que solos argilosos. Em solos pertencentes a mesma classe, a sua CAD não varia, pois é uma propriedade física do solo, porém o armazenamento mesal (ARM) pode variar de acordo com a deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC), como pode-se observar nas figuras 17, 18 e 19.



No ano de 2003 (Figura 17), o solo encontra-se em capacidade de armazenamento (CAD = 44,1 mm) de fevereiro à agosto, porém de setembro à janeiro o armazenamento de água é reduzida consideravelmente, encontrando-se próximo a zero.

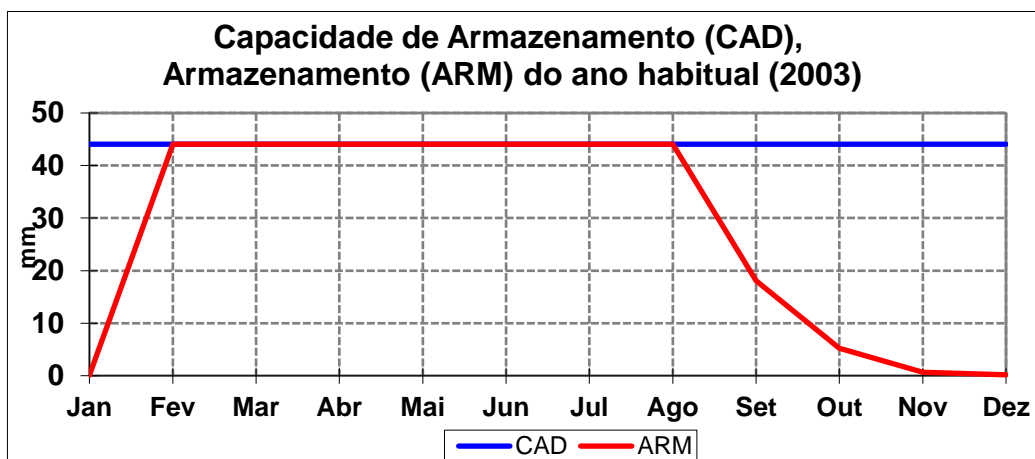


Figura 17. Gráfico do balanço hídrico normal representando capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento mensal (ARM) do ano habitual (2003).

No ano de 1986 (Figura 18), de fevereiro à setembro, além do mês de novembro o solo encontra-se em CAD, sendo que nos meses de janeiro, outubro e dezembro o armazenamento não continua na capacidade de campo, havendo uma redução de água armazenada, contudo para a maioria das culturas, não é necessário o uso de irrigação.

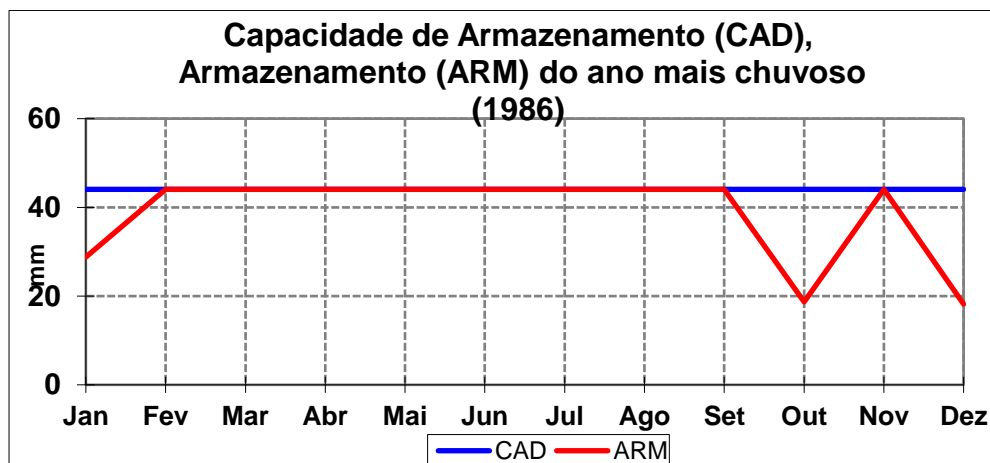


Figura 18 Gráfico do balanço hídrico normal representando capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento mensal (ARM).

No ano menos chuvoso, 1993 (Figura 19), acontece o oposto do que acontece no ano mais chuvoso, 1986 (Figura 19), onde nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro o solo encontra-se sem nenhuma quantidade de água armazenada, sendo que apenas nos meses de junho e julho o solo encontra-se na CAD total. É necessário o uso de técnicas agrícolas

como a irrigação na maior parte do ano para suprir as necessidades hídricas da maioria das culturas.

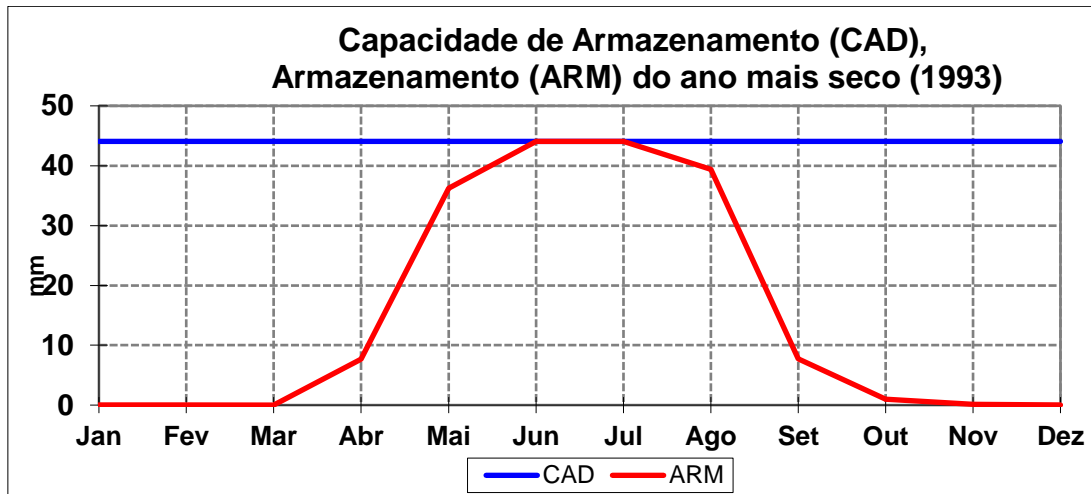


Figura 19. Gráfico do balanço hídrico normal representando capacidade de armazenamento (CAD) e armazenamento mensal (ARM).

## 5. CONCLUSÕES

O balanço hídrico climatológico normal no período de 44 anos (1974 à 2018), demonstraram que o município de Areia – PB apresenta uma distribuição regular de chuvas, sendo registrado valores de excedente hídricos nos meses de fevereiro à setembro indicando uma boa possibilidade para o sucesso na agricultura, quer seja na introdução ou implementação de áreas agrícolas, com culturas de ciclo curto, sem que haja necessidade de irrigação.

A decisão da escolha dos 3 anos selecionados, ano habitual (2003), ano mais chuvoso (1986) e o ano menos chuvoso (1993) foi importante para análise e caracterização das condições específicas do clima da área de estudo, permitindo analisar que há predominância de excedentes hídricos na maior parte do ano. Déficits foram registrados nos três anos selecionados, sendo que os maiores valores encontrados no ano menos chuvoso (1993).

A partir desse estudo pode-se afirmar que o solo mais representativo da área estudada, o Argissolo, é um solo que suporta aos meses que apresentam valores de déficit hídrico, podendo armazenar água durante todo o ano, sem haver necessidade de realizar irrigação para algumas culturas.

Os resultados podem contribuir para implementação de um planejamento agrícola no município de Areia, sendo indicado o plantio no início do mês de fevereiro, onde o mesmo apresenta valores de precipitação acima dos valores de evapotranspiração.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁVILA, L.F.; MELLO, C. R.; SILVA, A.M. Continuidade e distribuição espacial da umidade do solo em bacia hidrográfica da Serra da Mantiqueira. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.14, n.12, p.1257–1266, 2010.

BARRETO, P. N.; SILVA R. B. C.; SOUZA, W. S.; COSTA, G. B.; NUNES, H. G. G. C.; SOUSA, B. S. B. Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2009, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte. CD.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. Aptidão agrícola das terras da Paraíba. Brasília: BINAGRI, 1978. 92p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Escritório de Pesquisas e Experimentação. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. I. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. II. Interpretação para uso agrícola dos solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro, 1972. 683p. (Boletim Técnico, 15; SUDENE. Série Pedologia, 08).

EMBRAPA. Levantamento Detalhado de Solos em uma Área de Reassentamento de Colonos na Bacia do Jatobá – PE. Comunicado técnico 41. Embrapa Solos. Rio de Janeiro, 2006

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos / Centro Nacional de Pesquisa de Solos . – 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

LIMA, F. B.; SANTOS, G. O. Balanço hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis - SP, 2009.

MIRANDA HENRIQUES, T. M. Caracterização e mapeamento de solos em brejo de altitude na propriedade jardim, área experimental do CCA/UFPB, em Areia-PB. 2012. 96 f. Monografia. CCA/UFPB, Areia-PB, 2012.

MENDONÇA, J. C. SOUSA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

OLIVEIRA, F.H.T.de. **Genes, morfologia e classificação dos solos para graduandos** (Curso de Agronomia do CCA/UFPB), 2007, 148p

PEREIRA, A.R., SENTELHAS, P.C., ANGELOCCI, L.R. (2002) Agrometeorologia: Fundamentos e aplicações práticas. Guaíba: Agropecuária.

PORTO, K. C. et al. Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação. (Série Biodiversidade, 9). Ministério do Meio Ambiente. Brasília. 324p. : il. 2004.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Barueri (SP): Manole, 1990.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C, 1999. **Balancos hídricos e produtividade de culturas v 6.1 para Excel 7.0**, in 2º Congresso Da Sociedade Brasileira De Informática Aplicada á Agropecuária e á Agroindústria, SBI-AGRO, Campinas SP.

ROLIM,G.S.,SENTELHAS,P.C.,BARBIERI, V.Planilhas no ambiente EXCEL <sup>TM</sup> para os cálculos de balanços hídricos:normal,sequencial,de cultura e de produtividade real e potencial.**Revista Brasileira de Agrometeorologia**,Santa Maria,v. 6,n.1,p133-137,1998.

SENTELHAS, P.C. Water deficit and water surplus maps for Brazil, based on FAO Penman-Monteith potential evapotranspiration. *Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, São Paulo, v.3, p. 28-42, 2010.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1957. 311p. (Publications in Climatology, vol.X, n.3)

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955.

WOLLMANN, C. A. **Zoneamento agroclimático para a produção de roseiras (*Rosaceae ssp.*) no Rio Grande do Sul**. Tese (Doutorado em Geografia (Geografia Física)) - Universidade de São Paulo,. *Orientador*: Emerson Galvani. 2011.